

15 JUL 2004

**PRIORITY  
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)



REC'D 28 FEB 2003

WIPO PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**Aktenzeichen:** 102 01 875.8  
**Anmeldetag:** 18. Januar 2002  
**Anmelder/Inhaber:** austriamicrosystems AG,  
Unterpremstätten/AT  
**Bezeichnung:** Sensorsystem und Verfahren zum Betrieb  
des Sensorsystems  
**IPC:** G 01 R 33/07

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-  
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 06. Februar 2003  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
Der Präsident  
Im Auftrag

Agurks

## Beschreibung

## Sensorsystem und Verfahren zum Betrieb des Sensorsystems

5 Die Erfindung betrifft ein Sensorsystem mit einer Anordnung von Sensoren, bei der jeder Sensor ein elektrisches oder magnetisches Feld erfaßt und an seinen Sensorausgängen ein elektrisches Sensorsignal ausgibt. Die Sensorausgänge sind miteinander verschaltet. Darüber hinaus betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Betrieb des Sensorsystems.

Aus der Druckschrift DE 199 43 128 A1 ist eine Hall-Sensoranordnung bekannt, bei der mehrere Hall-Sensoren ortsfest angeordnet und in einer festen Konfiguration miteinander verschaltet sind. Eine solche Sensoranordnung hat den Nachteil, daß sie aufgrund der festen Verschaltung der Sensoren eine geringe Flexibilität bei der Messung von beispielsweise magnetischen Feldern aufweist. Insbesondere ist die bekannte Sensoranordnung nicht zur zwei- beziehungsweise dreidimensionalen Messung magnetischer Feldverteilungen geeignet.

Ziel der vorliegenden Erfindung ist es daher, ein Sensorsystem anzugeben, das eine Vielzahl von Einsatzmöglichkeiten aufweist und das insbesondere zur Analyse von zwei- und dreidimensionalen magnetischen Feldverteilungen geeignet ist.

Dieses Ziel wird erfindungsgemäß durch ein Sensorsystem nach Patentanspruch 1 erreicht. Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung und ein Verfahren zum Betrieb des Sensorsystems sind den weiteren Ansprüchen zu entnehmen.

Es wird ein Sensorsystem angegeben, das eine Anordnung von Sensoren aufweist. Jeder der Sensoren erfaßt ein elektrisches oder magnetisches Feld und gibt an seinen Gängen ein elektrisches Sensorsignal aus. Für das Sensorsystem können gleichartige oder aber auch verschiedenartige Sensoren verwendet werden.

Jeder der Sensoren ist mit einem Signalmodulator verbunden, wobei die Eingänge des Signalmodulators mit den Sensorausgängen des betreffenden Sensors verbunden sind. Jeder Signalmodulator weist wenigstens zwei Steuerzustände auf. In einem ersten Steuerzustand liegt am Signalmodulatorausgang als Sensorendsignal das entsprechende Sensorgrundsignal an. In einem zweiten Steuerzustand liegt am Signalmodulatorausgang als Sensorendsignal das invertierte Sensorgrundsignal an.

10

Darüber hinaus weist das Sensorsystem eine Vorrichtung zur Addition der Sensorendsignale zu einem Systemsignal auf.

15

Das Sensorsystem hat den Vorteil, daß aufgrund der unterschiedlichen Steuerzustände eines jeden Signalmodulators eine Vielzahl von Konfigurationen für das Sensorsystem definiert werden kann. Das Sensorsystem ist somit flexibel einsetzbar und insbesondere zur Analyse von zwei- beziehungsweise dreidimensionalen Magnetfeldern geeignet. Darüber hinaus ist ein solches Sensorsystem zur Erfassung linearer magnetischer oder elektrischer Felder, zur Erfassung von Ortsverschiebungen von linearen oder axialen sinusförmig verteilten magnetischen Feldern geeignet.

20

25

Es wird darüber hinaus ein Verfahren zum Betrieb des Sensorsystems angegeben, das erst mit dem erfindungsgemäßen Sensorsystem ermöglicht wird. Alle Steuerzustände der Signalmodulatoren zusammen definieren dabei die Konfiguration des Sensorsystems. Das Betriebsverfahren weist die folgenden Schritte auf:

30

In einem ersten Schritt wird das Sensorsystem auf eine erste Konfiguration gelegt. Es wird das von dem Sensorsystem ausgegebene Systemsignal von einer geeigneten Vorrichtung erfaßt und gespeichert.

35

In einem zweiten Schritt des Betriebsverfahrens wird die Konfiguration des Sensorsystems von der ersten Konfiguration in eine zweite Konfiguration geändert. Die zweite Konfiguration unterscheidet sich dabei von der ersten Konfiguration.

5

In einem dritten Schritt wird das in der zweiten Konfiguration vom Sensorsystem ausgegebene Systemsignal wiederum in einer geeigneten Vorrichtung eingelesen und gespeichert.

10 Gegebenenfalls können auch noch weitere Konfigurationen eingestellt und die vom Sensorsystem ausgegebenen Signale eingelesen und gespeichert werden.

15 In einem weiteren Verfahrensschritt erfolgt schließlich die Durchführung einer Rechenoperation mit dem ersten und dem zweiten und gegebenenfalls weiteren Systemsignalen. Mit Hilfe dieser Rechenoperation können Rückschlüsse auf die flächige beziehungsweise räumliche Verteilung des zu erfassenden magnetischen oder elektrischen Feldes geschlossen werden.

20

In dem Sensorsystem können als Sensoren beispielsweise Hall-Sensoren verwendet werden. Solche Hall-Sensoren können auf der Basis von Siliziumsensoren als vertikale oder laterale Hall-Sensoren ausgeführt sein. Es kommen aber auch magnetfeldabhängige Widerstände als Sensoren in Frage.

25

Die von den Hall-Sensoren ausgegebenen Sensorgrundsignale können durch einen Steilheitsverstärker verstärkt werden. Dieser Steilheitsverstärker ist dann zwischen jedem Sensor und dem entsprechenden Signalmodulator geschaltet. Die Verwendung von Steilheitsverstärkern zur Verstärkung der Sensorgrundsignale ermöglicht es, einzelne Sensoreinheiten, bestehend aus einem Sensor und dem dazu gehörigen Signalmodulator zueinander parallel zu verschalten. Mit Hilfe einer solchen Parallelschaltung wird es möglich, die Ströme der Sensorendsignale zu einem Systemsignal zu addieren.

30

35

Die Signalmodulatoren können mit einer Kontroll-Logikschaltung verbunden sein, welche es erlaubt, das Umschalten zwischen zwei Steuerzuständen eines Signalmodulators mittels digitaler Kontrollwörter zu realisieren. Dies erlaubt ein besonders schnelles Umschalten zwischen zwei Steuerzuständen eines Signalmodulators und mithin zwischen zwei Konfigurationen des Sensorsystems.

In einer beispielhaften Ausführungsform des Sensorsystems können die Sensoren in einer Ebene angeordnet sein. Innerhalb einer solchen Ebene wiederum können die Sensoren in Zeilen beziehungsweise Spalten angeordnet sein, welche zueinander orthogonal sind. Dadurch wird ein schachbrettartiges Raster von Sensoren realisiert.

15

Im folgenden wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen und den dazugehörigen Figuren näher erläutert.

Figur 1 zeigt einen Baustein eines Sensorsystems in einer schematischen Schaltungsanordnung.

20

Figur 2 zeigt beispielhaft ein erfindungsgemäßes Sensorsystem in einer schematischen Schaltungsanordnung.

Figur 3A zeigt ein erfindungsgemäßes Sensorsystem in einer ersten Konfiguration.

25

Figur 3B zeigt das Sensorsystem aus Figur 3A in einer weiteren Konfiguration.

30

Figur 4A zeigt einen zylinderförmigen Permanentmagneten, dessen Orientierung relativ zum Sensorsystem aus den Figuren 3A und 3B bestimmt wird.

Figur 4B zeigt die tangentiale Magnetfeldamplitude auf der X-Achse des Magneten aus Figur 4A entlang zentri-

35

scher Kreise mit dem Radius X um die Symmetrieachse.

Figur 4C zeigt die relative Lage eines Sensorsystems gemäß  
5 Figur 3A zu einem Magneten gemäß Figur 4A in Draufsicht.

Figur 1 zeigt einen Hall-Sensor 10, dessen Ausgänge 21, 22 mit einem Steilheitsverstärker 70 verbunden sind. Die Ausgänge des Steilheitsverstärkers 70 wiederum sind mit den Eingängen 41, 42 eines Signalmodulators 30 verbunden. An den Ausgängen 51, 52 des Signalmodulators 30 liegt das Sensorendsignal  $i_{op}$ ,  $i_{on}$  an. Der Ausgangsmodulator 30 ist mit einer Kontroll-Logikschaltung 8 verbunden, die verschiedene Steuerzustände in dem Signalmodulator 30 erzeugen kann. Dazu werden  
10 an den Eingängen EN, P, M der Kontroll-Logikschaltung 8 digitale Signale angelegt, die zu digitalen Kontrollwörtern zusammengefaßt werden können. Der Eingang EN der Kontroll-Logikschaltung 8 steht dabei für das Einschalten des Signalmodulators 30. Sobald am Eingang EN der Kontroll-  
15 Logikschaltung 8 das Signal "High" anliegt, liefert der Signalmodulator 30 an seinen Ausgängen 51, 52 ein Signal, das vom Signal des Hall-Sensors 10 abhängig ist. Falls am Eingang EN der Kontroll-Logikschaltung 8 das Signal "Low" anliegt, ist der Signalmodulator 30 deaktiviert, das heißt, daß die  
20 Ausgänge 51, 52 des Signalmodulators 30 nicht mit den Sensorausgängen 21, 22 des Hall-Sensors 10 verbunden sind. Bei aktiviertem Signalmodulator 30 besteht durch Anlegen entsprechender Signale an die Eingänge P, M der Kontroll-Logikschaltung 8 die Möglichkeit, an den Ausgängen 51, 52 des  
25 Signalmodulators 30 entweder das Sensorgrundsignal des Hall-Sensors 10 oder das invertierte Grundsignal des Hall-Sensors 10 zu erhalten. Dazu muß lediglich am Eingang P das Signal "High" beziehungsweise am Eingang M das Signal "High" angelegt werden.  
30

35

Insgesamt weist also der Signalmodulator 30 aus Figur 1 drei verschiedene Steuerzustände auf. Diese Steuerzustände werden

charakterisiert durch 0 (Signalmodulator 30 deaktiviert), +  
(Addition, das heißt, daß das Sensorendsignal iop, ion dem  
Sensorgrundsignal entspricht) und - (das heißt, daß das Sen-  
sorendsignal das invertierte Sensorgrundsignal darstellt)  
5 charakterisiert.

Figur 2 zeigt die Verschaltung zweier Sensoren 10 aus Figur 1  
zu einem Sensorsystem. Jedem Sensor 10, 11 ist ein Signalmo-  
dulator 30, 31 zugeordnet, der über einen Steilheitsverstär-  
10 ker 70, 71 mit dem entsprechenden Sensor 10, 11 verbunden  
ist. Die Sensorausgänge 21, 22 des Sensors 10 beziehungsweise  
die Sensorausgänge 23, 24 des Sensors 11 sind mit den Sen-  
soreingängen 41, 42 des Signalmodulators 30 beziehungsweise  
den Eingängen 43, 44 des Signalmodulators 31 verbunden. An  
15 den Ausgängen 51, 52 beziehungsweise 53, 54 der Signalmodula-  
toren 30, 31 liegen Sensorendsignale an, die durch die Vor-  
richtung 6 zur Addition aufsummiert werden.

Gemäß Figur 2 ist die Vorrichtung 6 zur Addition eine einfa-  
20 che Parallelschaltung der an den Ausgängen 51, 52 beziehungs-  
weise 53, 54 der Signalmodulatoren 30, beziehungsweise 31 an-  
liegenden Ausgangsspannungen. Bezüglich der in diesem Fall  
gemessenen Ströme ergibt sich eine Addition der Sensorendsi-  
gnale. Die summierten Ströme erzeugen an den Widerständen 91,  
25 92 einen Spannungsabfall, der als Systemsignal VOP, VON aus-  
gelesen werden kann.

Die Signalmodulatoren 30, 31 enthalten jeweils eine Kontroll-  
Logikschaltung, die jedoch in Figur 2 nicht dargestellt ist.  
30 Es sind lediglich die Eingänge der Kontroll-Logikschaltungen  
mit EN0, P0, M0 für den Signalmodulator 30 beziehungsweise  
EN1, P1, M1 für den Signalmodulator 31 angegeben.

Figur 3 zeigt die Anordnung von vier Sensoren 10, 11, 12, 13  
35 in einem quadratischen Muster, wobei die Fläche im Quadranten  
Q0, Q1, Q2, Q3, unterteilt ist. In jedem Quadranten Q0, Q1,  
Q2, Q3 befindet sich einer der Sensoren 10, 11, 12, 13. Die

Konfiguration des Sensorsystems aus Figur 3A ist angegeben durch das Zeichen + in den Quadranten Q0, Q3 und durch das Zeichen - in den Quadranten Q2, Q1. Gemäß Figur 3B weist das Sensorsystem aus Figur 3A eine andere Konfiguration auf, wobei das Zeichen + für die Quadranten Q1 und Q0 und das Zeichen - für die Quadranten Q2 und Q3 gilt. Durch die Zeichen + beziehungsweise - wird der Steuerzustand des in dem jeweiligen Quadranten Q0, Q1, Q2, Q3 befindlichen Sensors 10, 11, 12, 13 angedeutet. Mit Hilfe eines Sensorsystems in zwei verschiedenen Konfigurationen K1 und K2 gemäß den Figuren 3A und 3B kann beispielsweise der Drehwinkel eines Magneten gemäß Figur 4A über der Sensoranordnung gemessen werden.

Figur 4A zeigt einen zylinderförmigen Permanentmagneten, dessen Orientierung relativ zum Sensorsystem aus den Figuren 3A und 3B bestimmt wird.

Ein solcher Magnet 9 ist dargestellt in Figur 4A. Er weist die Form einer Scheibe auf, die eine Symmetrieachse entlang der Z-Achse besitzt. Die beiden Hälften der Scheibe sind diametral magnetisiert und weisen mithin einen magnetischen Nordpol N und einen magnetischen Südpol S auf.

Figur 4B zeigt die tangentielle Komponente des Magnetfeldes bezüglich Kreisen um die Symmetrieachse Z als Magnetfeldamplitude B, wobei das Magnetfeld am Schnittpunkt eines Kreises mit der X-Achse aufgetragen ist. Für einen Kreis mit dem Radius X1 hat die tangentielle Komponente des Magnetfelds die Magnetfeldamplitude B0.

Figur 4C zeigt die Anordnung eines Magneten 9 gemäß Figur 4A über einem Sensorsystem gemäß Figur 3A in Draufsicht. Die Sensoren 10, 11, 12, 13 liegen auf einem Kreis um die Symmetrieachse Z des Magneten 9, wobei der Radius des Kreises X1 beträgt. Die Symmetrieachse Z des Magneten 9, der Sensor 10 und die Y-Achse des Magneten 9 schließen den Winkel  $\alpha_1$  ein. Der Winkel  $\alpha_1$  beträgt  $45^\circ$ .



Figur 4D zeigt in Abhängigkeit vom Winkel  $\alpha$  aus Figur 4C die tangentielle Magnetfeldamplitude  $B$  entlang des Kreises mit dem Radius  $x_1$  gemäß Figur 4C. Die Position der Sensoren 10, 11, 12, 13 ist in Figur 4D angedeutet. Der maximale Wert der Magnetfeldamplitude ergibt sich für  $\alpha = 90^\circ$ . Hier hat die Magnetfeldamplitude den Wert  $B_0$ . Der Magnet 9 kann nun gemäß Figur 4C in Pfeilrichtung gegenüber der Sensoranordnung gedreht werden. Bezeichnet man den Drehwinkel des Magneten 9 gegenüber dem Sensorsystem mit  $\alpha$ , so ergeben sich mit

$G_{Hall}$  = die elektrische Verstärkung der Hall-Sensoren

die folgenden Zusammenhänge:

Das magnetische Quellenfeld  $B_{Quelle}$  am Ort eines jeden Sensors 10, 11, 12, 13 wird bestimmt durch den Drehwinkel  $\alpha$  gemäß:

$$B_{Quelle} = B_0 \cdot \sin(\alpha).$$

In der Konfiguration gemäß Figur 3A erhält man als Systemsignal  $V_{K1}$ :

$$V_{K1} = B_0 \cdot G_{Hall} \cdot ((\sin(\alpha + 45) - \sin(\alpha + 135) - \sin(\alpha + 225) + \sin(\alpha + 315)))$$

Daraus ergibt sich durch Umformen:

$$V_{K1} = 2\sqrt{2} \cdot B_0 \cdot G_{Hall} \cdot \sin(\alpha).$$

Ein anderes Signal erhält man mit der Konfiguration des Sensorsystems gemäß Figur 3B:

$$V_{K2} = B_0 \cdot G_{Hall} ((\sin(\alpha + 45) + \sin(\alpha + 135) - \sin(\alpha + 225) - \sin(\alpha + 315))).$$

Umformen liefert:

$$V_{K2} = 2\sqrt{2} \cdot B_0 \cdot G_{Hall} \cdot \text{Cosinus}(\alpha).$$

5 Durch eine Rechenoperation kann in einfacher Art und Weise aus den Signalen  $V_{K1}$  und  $V_{K2}$  der Drehwinkel des Magneten 9 gegenüber dem Sensorsystem berechnet werden. Dazu wird folgendes berechnet:

10  $\alpha = \text{ARCTAN}(V_{K1} : V_{K2}).$

Diese Berechnung kann beispielsweise mit Hilfe des erfindungsgemäßen Verfahrens durchgeführt werden, in dem das Sensorsystem in einem ersten Zeitpunkt in einer Konfiguration K1  
15 mißt und der gemessene Wert des Systemsignals (VOP, VON) gespeichert wird. Anschließend wird das Sensorsystem wie aus den Figuren 3a beziehungsweise 3b ersichtlich, in eine andere Konfiguration K2 gebracht. Anschließend wird das Systemsignal VOP, VON wieder erfaßt und gespeichert. Anschließend kann die  
20 oben angegebene Rechenoperation durchgeführt werden.

Durch die Möglichkeit der Steuerung der Signalmodulatoren mittels digitaler Kontrollwörter kann das Umschalten zwischen verschiedenen Konfigurationen K1, K2 des Sensorsystems in  
25 sehr kurzer Zeit, beispielsweise im Abstand von einigen  $\mu s$  erfolgen. Dadurch ist eine hohe Flexibilität und eine hohe Schnelligkeit des Sensorsystems gewährleistet.

## Patentansprüche

1. Sensorsystem mit einer Anordnung von Sensoren (10, 11, 12, 13), bei der jeder Sensor (10, 11, 12, 13) ein magnetisches  
5 oder elektrisches Feld erfaßt und an seinen Sensorausgängen (21, 22, 23, 24) ein elektrisches Sensorgrundsignal ausgibt,  
- bei dem die Sensorausgänge (21, 22) eines jeden Sensors (10, 11, 12, 13) mit den Eingängen (41, 42, 43, 44) eines  
Signalmodulators (30, 31) verbunden sind, wobei der Signal-  
10 modulator (30, 31) wenigstens zwei Steuerzustände aufweist,  
wobei in einem ersten Steuerzustand an den Ausgängen (51, 52) des Signalmodulators (30, 31) als Sensorendsignal (iop, ion) das entsprechende Sensorgrundsignal und in einem zwei-  
ten Steuerzustand des Signalmodulators (30, 31) an dessen  
15 Ausgängen (51, 52) als Sensorendsignal (iop, ion) das in-  
vertierte Sensorgrundsignal des entsprechenden Sensors (10, 11, 12, 13) anliegt,  
- und mit einer Vorrichtung (6) zur Addition der Sensorendsi-  
gnale (iop, ion) zu einem Systemsignal (VOP, VON).  
20
2. Sensorsystem nach Anspruch 1,  
bei dem die Sensoren (10, 11, 12, 13) Hall-Sensoren sind.
3. Sensorsystem nach einem der Ansprüche 1 oder 2,  
25 bei dem zwischen jedem Sensor (10, 11, 12, 13) und dem ent-  
sprechenden Signalmodulator (30, 31) ein Steilheitsverstärker (70, 71) geschaltet ist.
4. Sensorsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 3,  
30 bei dem die Signalmodulatoren (30, 31) parallel zueinander  
geschaltet sind.
5. Sensorsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 4,  
bei dem die Signalmodulatoren (30, 31) mit jeweils einer Kon-  
35 troll-Logikschaltung (8) verbunden sind.
6. Sensorsystem nach Anspruch 5,

bei dem die Signalmodulatoren (30, 31) durch ein digitales Kontrollwort steuerbar sind.

7. Sensorsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 6,  
5 bei dem die Sensoren (10, 11, 12, 13) in einer Ebene angeordnet sind.

8. Sensorsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 7,  
10 bei dem die Sensoren (10, 11, 12, 13) in zueinander orthogonalen Zeilen und Spalten angeordnet sind.

9. Verfahren zum Betrieb eines Sensorsystems nach einem der Ansprüche 1 bis 8,  
wobei die Steuerzustände der Signalmodulatoren (30, 31) die  
15 Konfiguration des Sensorsystems definieren,  
mit folgenden Schritten:

- a) Einlesen und Speichern eines ersten Systemsignals (VOP, VON) bei einer ersten Konfiguration (K1)
- 20 b) Ändern der Konfiguration des Sensorsystems in eine von der ersten Konfiguration (K1) verschiedene zweite Konfiguration (K2)
- c) Einlesen und Speichern eines zweiten Systemsignals (VOP, VON) bei der zweiten Konfiguration (K2)
- 25 d) Durchführung einer Rechenoperation mit dem ersten und zweiten Systemsignal.

10. Verfahren nach Anspruch 9,  
wobei nach Schritt c) und vor Schritt d) noch weitere Konfi-  
30 gurationen des Sensorsystems eingestellt und entsprechende Systemsignale (VOP, VON) eingelesen und gespeichert werden.

Zusammenfassung

Sensorsystem und Verfahren zum Betrieb des Sensorsystems

5 Die Erfindung betrifft eine Anordnung von Sensoren (10, 11, 12, 13), bei der jeder Sensor (10, 11, 12, 13) ein magnetisches oder elektrisches Feld erfaßt und an seinen Sensorausgängen (21, 22, 23, 24) ein elektrisches Sensorgrundsignal ausgibt, bei dem die Sensorausgänge (21, 22) eines jeden Sensors (10, 11, 12, 13) mit den Eingängen (41, 42, 43, 44) eines Signalmodulators (30, 31) verbunden sind, wobei der Signalmodulator (30, 31) wenigstens zwei Steuerzustände aufweist. Ferner betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Betrieb des Sensorsystems, wobei bei verschiedenen Konfigurationen des Sensorsystems Systemsignale abgefragt und miteinander verrechnet werden. Das erfindungsgemäße Sensorsystem hat den Vorteil, daß es äußerst flexibel verschiedene Arten von Magnetfeldmessungen durchführen kann.

20 Figur 3A

FIG 1

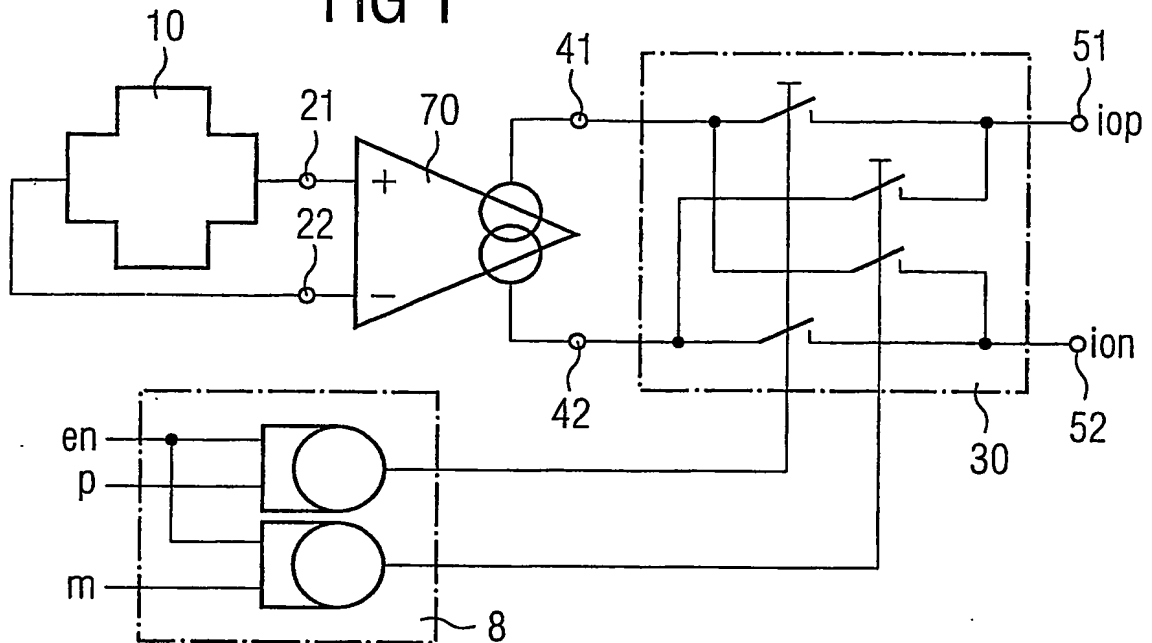


FIG 2

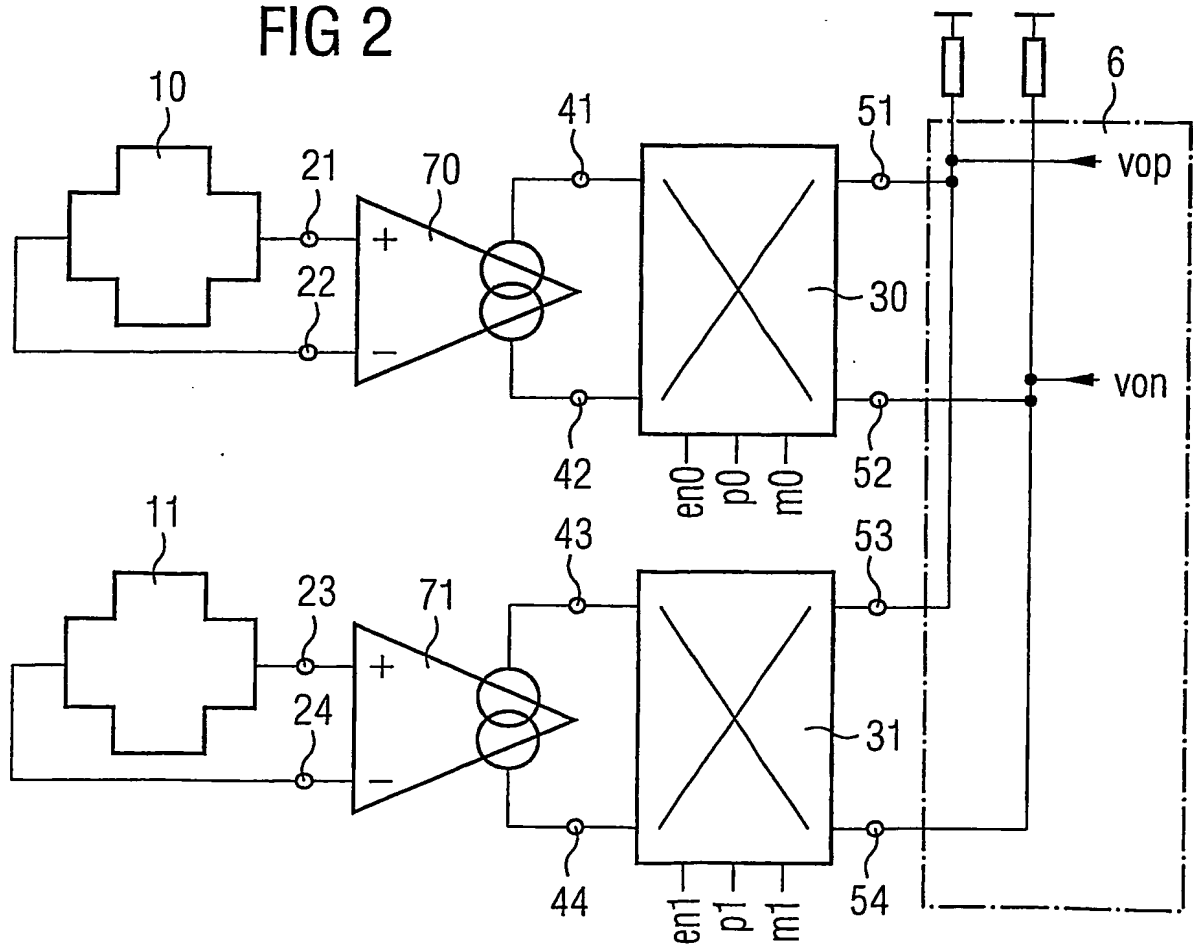


FIG 3A

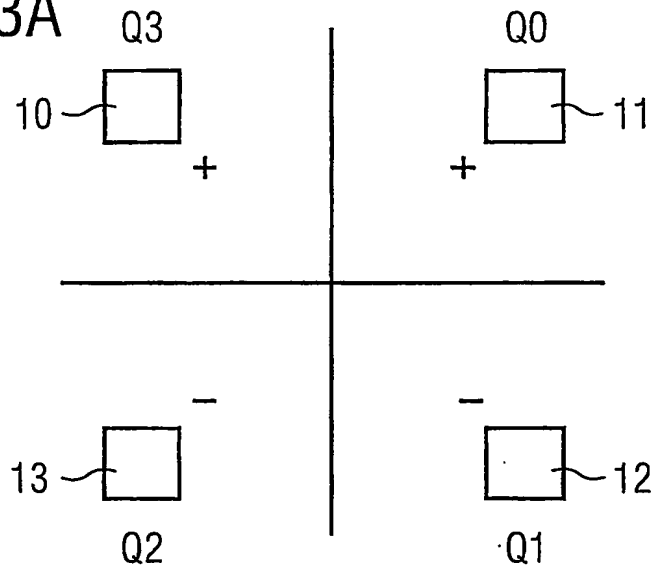


FIG 3B

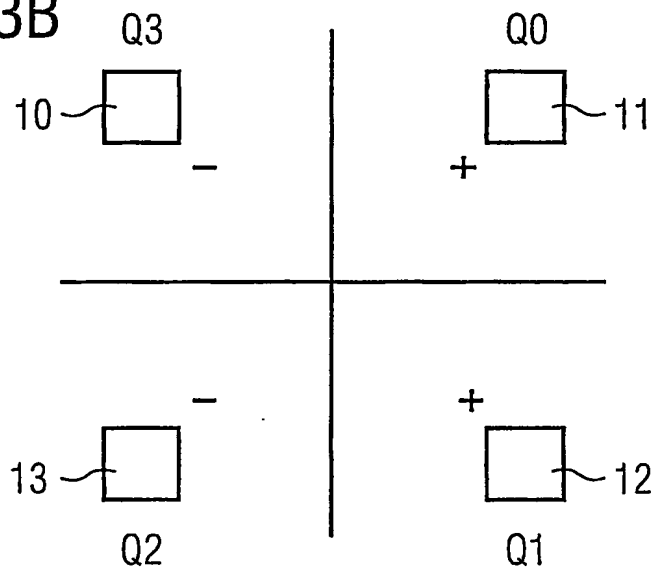


FIG 4A

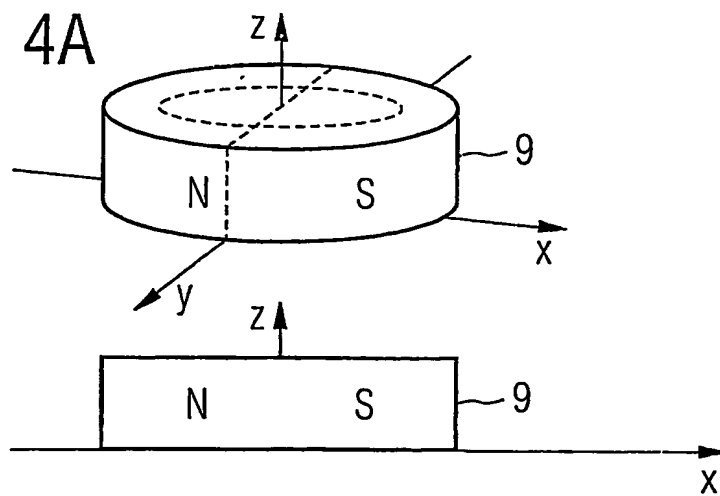


FIG 4B

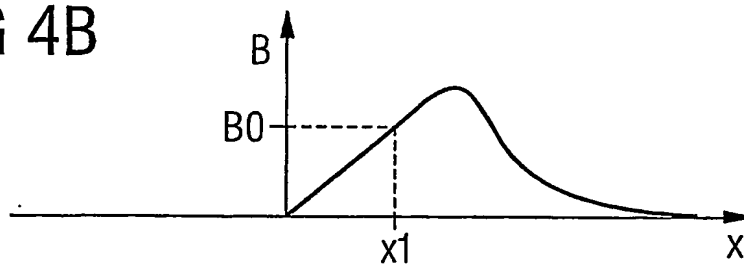


FIG 4C

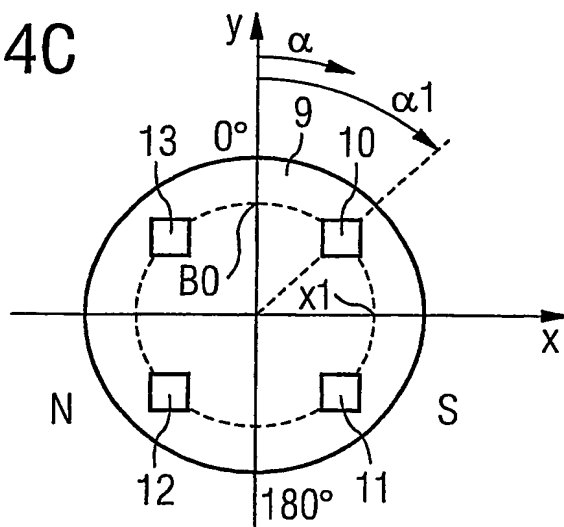


FIG 4D

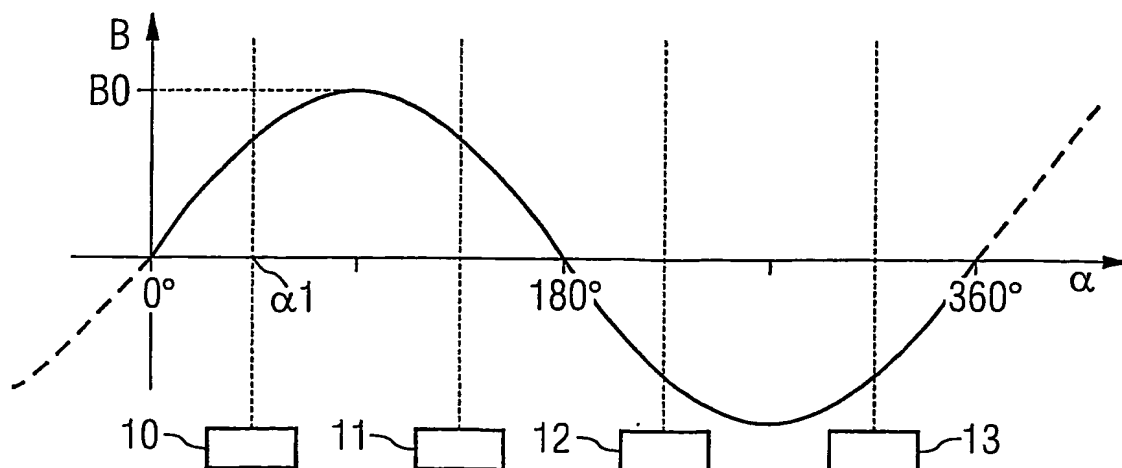




FIG 3A

